



# DIE KÄLTE

## + Klimatechnik



**ZUBADAN-TECHNIK VON MITSUBISHI ELECTRIC**

**LEISTUNGSSTEIGERUNG**

**BEI WÄRMEPUMPEN IM WINTER**

**KK 8**  
**2009**

August 2009  
62. Jahrgang  
E 4031  
Gentner Verlag



## ZUBADAN-TECHNIK VON MITSUBISHI ELECTRIC

# Leistungssteigerung bei Wärmepumpen im Winter

**Luft/Wasser-Wärmepumpen können bei tiefen Außentemperaturen oft nicht genügend Heizleistung zur Verfügung stellen. Grund hierfür ist der tiefe Druck in der Außeneinheit, der erforderlich ist, um eine vollständige Kältemittelverdampfung zu ermöglichen. Bei klassischen Luft/Wasser-Wärmepumpen kann die Heizleistung dabei um bis zu 45% absinken. Abhilfe schafft ein Verfahren, bei dem über einen Bypass Kältemittel in den Verdichter eingespritzt wird.**

Prinzipiell unterliegen alle Wärmeübertragungsprozesse der gleichen Voraussetzung: Das Medium, das die Wärme aufnimmt, muss eine niedrigere Temperatur aufweisen als das Medium, welches die Wärme abgibt. Dies gilt auch für Wärmepumpenprozesse, die die Wärme der Außenluft nutzen. Grundsätzlich muss dabei die Verdampfungstemperatur des Kältemittels einige Grad unter der Außenlufttemperatur liegen. Das heißt, je tiefer die Außentemperatur ist, desto tiefer muss auch die Kältemittelverdampfungstemperatur sein, um überhaupt Wärme aufnehmen zu können.

Bei Wärmepumpenprozessen sinkt damit auch der Druck und die Dichte des Dampfes in der Außeneinheit. Da Verdichter nur ein begrenztes Fördervolumen haben, sinkt die nutzbare Menge an zirkulierendem Kältemittel. Das hat zur Folge, dass auf der Saugseite des Kompressors weniger Kältemittel für den Verdichtungsprozess sowie auch zur Kühlung des Kompressors zur Verfügung steht. Dadurch wächst die Gefahr, dass die Heißgastemperatur einen kritischen Bereich erreicht (etwa 120°C), was zu Beschädigungen an der Anlage führen kann. Zum Schutz vor zu hoher Heißgastemperatur arbeitet der Verdichter deshalb langsamer und beschleunigt so das Sinken der Heizleistung.

Im Ergebnis führen also der geringere Kältemittelmassenstrom sowie die Überhitzung des Verdichters zum Leistungsabfall bei sinkenden Außentemperaturen. Bei konventionellen Wärmepumpen kann die Heiz-



**Selbst bei tiefen Außentemperaturen von  $-15^{\circ}\text{C}$  erbringen Außeneinheiten von Luft-Wärmepumpen mit Flash-Einspritzung noch 100% Heizleistung**

leistung dabei um bis zu 45% absinken. Dieser Leistungsmangel wird in der Regel mit der Überdimensionierung der Anlage sowie einem zusätzlichen Elektroheizstab zur Spitzenlastabdeckung ausgeglichen. Beide Vorgehensweisen sind mit Blick auf eine bedarfsgerechte Dimensionierung keine zufriedenstellenden Lösungen. Herkömmliche Wärmepumpen werden deshalb oft nur bis zu einem bestimmten thermischen Betriebspunkt ausgelegt, um überhaupt wirtschaftlich arbeiten zu können. Darüber hinaus werden sie in der Regel für einen bivalenten Heizbetrieb eingesetzt.

### Zwischen- oder Flashgas-Einspritzung

Eine Möglichkeit, diese Probleme zu lösen, ist die Zwischeneinspritzung von Kältemittel in den Verdichtungsprozess. Das kühlt den Kompressor und räumt die Gefahr aus, dass das Kältemittel seine kritische Heißgastemperatur erreicht. Dadurch kann die Drehzahl des Verdichters bei niedrigen Außentemperaturen erhöht werden, damit der Kältemittelfluss während des Betriebes konstant bleibt. Der Prozess kann also auch bei sehr tiefen Außentemperaturen genügend Wärme aus der Außenluft aufnehmen.

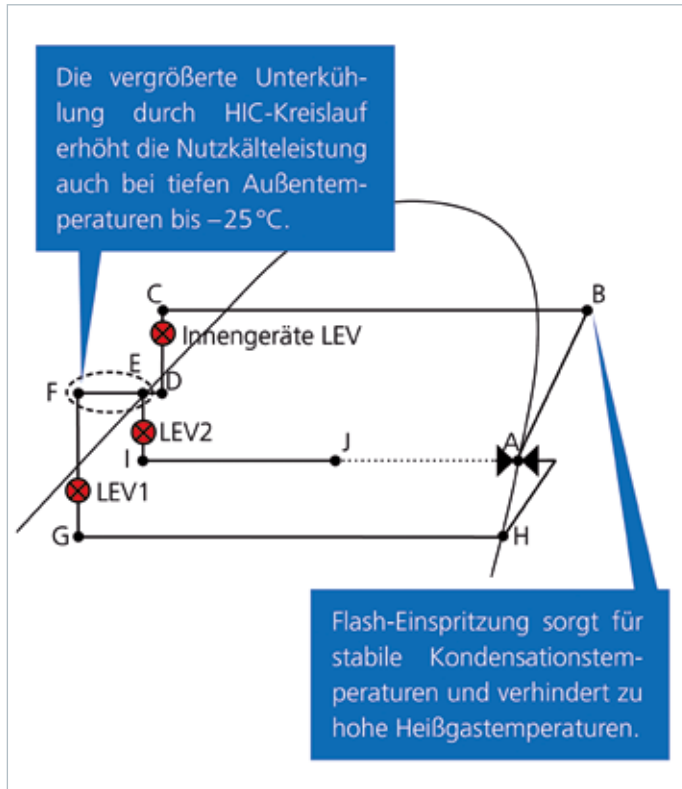
Im Markt sind bisher zwei Einspritzmethoden bekannt: Zum einen besteht die Möglichkeit, das Kältemittel in flüssigem Zustand in den Verdichterprozess einzuspritzen, was die Heißgastemperatur absenkt. Dabei steige jedoch auch die Leistungsaufnahme des Verdichters unverhältnismäßig stark an. Im Ergebnis führe dies zu einer konstanten Heizleistung, wohl aber auch zu einem ungünstigen COP.

Das andere Verfahren besteht darin, das Kältemittel im gasförmigen Zustand einzuspritzen. Das vermindere das Absinken der Heizleistung, aber nicht in zufriedenstellendem Umfang. Dafür seien die Einbußen beim COP-Wert gering. Beide Einspritzverfahren sind nicht neu. Neu ist hingegen ihre Kombination und der damit verbundene Einsatz in der Wärmepumpentechnologie.

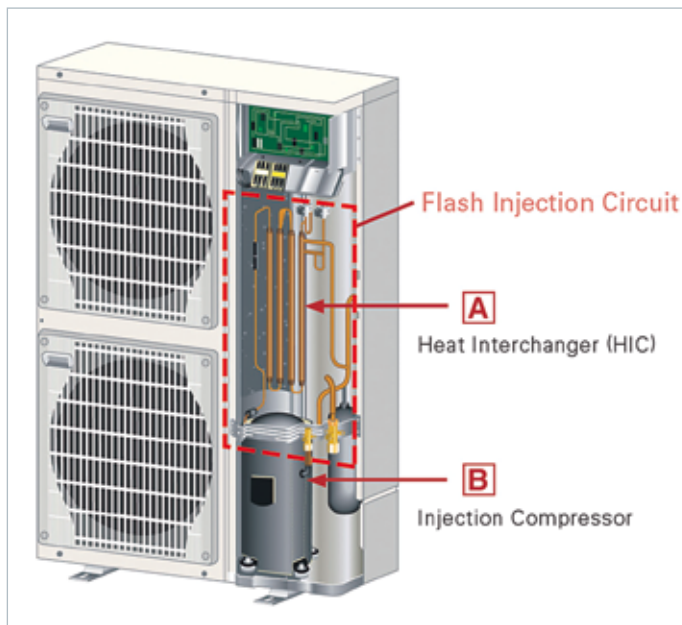
Die weiterentwickelte Einspritzmethode, die sogenannte Flashgas-Einspritzung kombiniere die Vorteile der beiden Verfahren, indem der Zustand des eingespritzten Kältemittels an den jeweils optimalen Betriebspunkt angepasst wird. Möglich wird dies durch ein 2-phasiges Einspritzverfahren mit einem variablen Flüssigkeits-/Gas-Gemisch. Die Flashgas-Einspritzung verbinde die Vorteile der beiden Methoden, da hierbei sowohl die Heißgastemperatur als auch die Einspritzmenge reguliert werden können.

Ein Anwendungsbeispiel, bei dem die Flashgas-Einspritzung bereits erfolgreich in Wärmepumpen eingesetzt wird, ist die Zubadan-Technologie des Herstellers Mitsubishi Electric. Bei diesem weltweit patentierten Verfahren erfolge die Einspritzung des Kältemittels in den Kompressor bedarfsabhängig ab einer Außentemperatur von 3°C und tiefer. Vom technischen Aufbau her besteht das System aus einem Bypass mit Wärmetauscher, dem sogenannten HIC-Kreislauf, der dem Prozess nach der Verflüssigung einen Teil des Kältemittels entzieht und dieses im HIC-Unterkühler nach einer Drosselung teilweise verdampft. Dabei wird der Hauptstrom des Kältemittels, das in den Verdampfer eintreten soll, vor der Expansion unterkühlt, damit es mehr Umgebungswärme aufnehmen kann.

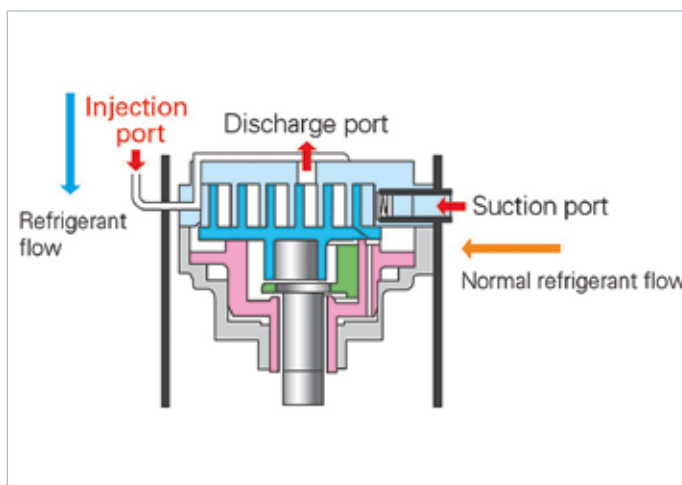
Das Flashgas wird in den Verdichter geleitet. Dabei werde das Volumen sowie das Verhältnis von gasförmigen und flüssigen Anteilen des eingespritzten Kältemittels mit einem



Der Kältemittelkreislauf eines City-Multi-VRF-Wärmepumpensystems mit Zubadan-Technologie im log p,h-Diagramm. Der Einsatzbereich im Wärmepumpenbetrieb wurde bis -25°C erweitert. Eine stabile Heizleistung würden die Geräte bis -15°C erreichen



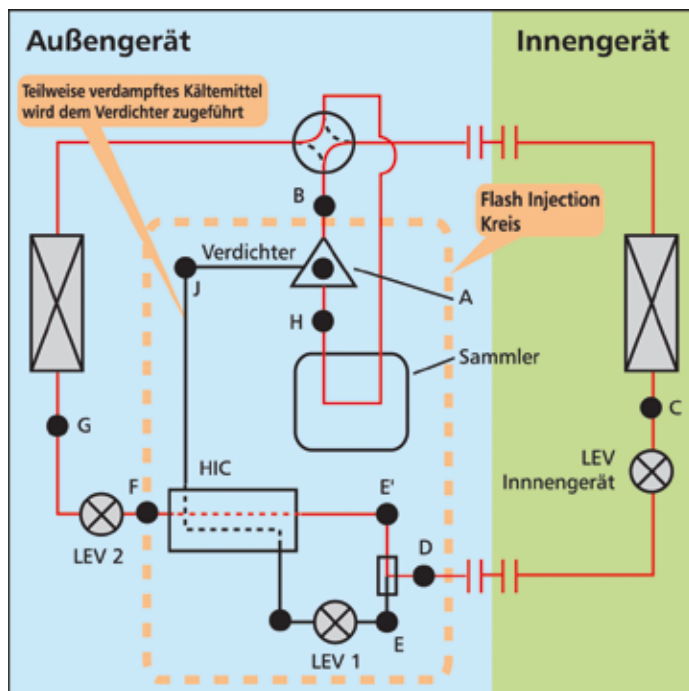
Die Flashgas-Einspritzung nimmt nur wenig Platz in Anspruch. Die kompakten Maße der Außeneinheit werden dadurch nicht beeinflusst



Der Scrollverdichter mit Flashgas-Einspritzung im Schnitt

Die Wärmeübertragung im Bypass-Wärmetauscher erfolgt zwischen dem Kältemittel, das zum Verdampfer fließt, und dem abgezweigten Strom. Das eingespritzte 2-Phasen-Gemisch senkt die Heißgastemperatur, wodurch die Betriebsfrequenz des Verdichters angehoben werden kann, um den Mangel an Durchfluss auszugleichen

Flüssigkeitsanteil zwischen 20 und 100 % dynamisch an den tatsächlichen Bedarf im Verdichter angepasst.



### Auswirkungen auf die Betriebsweise

Wie wirkt sich nun das Flashgas-Einspritzverfahren auf den Betrieb und die Planung einer Wärmepumpenanlage aus? Dazu sollte noch einmal festgehalten werden, welche Konsequenzen die Flash-Einspritzung von Kältemittel in den Verdichterprozess hat. Durch sie kann die Verdichtertemperatur kontrolliert und innerhalb der zulässigen Betriebsgrenzen gehalten werden. Die Einspritzung ermögliche dabei eine Optimierung des thermodynamischen Kreisprozesses im Hinblick auf eine konstante verfügbare Heizleistung. Unterstützt wird dies noch durch den Unterkühler im HIC-Kreislauf, der für eine Vergrößerung der aufgenommenen Wärme von der Außenluft sorgt.

Konventionelle Wärmepumpen ohne Einspritztechnologie erbringen bei  $-15^{\circ}\text{C}$  in der Regel nur noch 55 bis 60 % ihrer Leistung. Eine ausreichend dimensionierte Wärmepumpe müsste also nahezu doppelt so groß ausgelegt werden, um einen monovalenten Betrieb auch bei niedrigen Temperaturen zu ermöglichen. Im Umkehrschluss haben diese Wärmepumpen bei hohen Temperaturen zu viel Leistung, die entsprechend abgeführt werden muss. Üblicherweise werden Wärmepumpen deshalb bei einem höheren Temperaturwert als dem Normwert ausgelegt. Der restliche Wärmebedarf muss dann über andere Wärmeerzeuger (z. B. Gas-Heizgerät oder Elektro-Heizstab) abgedeckt werden. Die Flash-Einspritzung ermöglicht die Verschiebung des Nennbetriebspunktes nach unten. Das heißt, die Wärmepumpe erbringt

auch bei sehr niedrigen Außentemperaturen, von beispielsweise  $-15^{\circ}\text{C}$ , noch 100 % ihrer Heizleistung. Gleichzeitig erweitert sich der Arbeitsbereich auf bis zu  $-25^{\circ}\text{C}$ , bei dem die Wärmepumpe eine für den Heizbetrieb nutzbare Temperatur zur Verfügung stellen kann. Damit sei es möglich, sowohl Bestands- als auch Neubauten mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe zu heizen, ohne bei tiefen Außentemperaturen auf die Unterstützung eines elektrischen Heizstabes oder zusätzliche Wärmeerzeuger angewiesen zu sein. Wärmepumpen mit Flash-Einspritz-Technologie können deshalb für einen monovalenten Betrieb ausgelegt werden.

### Fazit

Um eine angemessene Heizleistung zu gewährleisten, ist ein entsprechend hoher Massenstrom an Kältemittel erforderlich. Bei niedrigen Außentemperaturen, die einen geringen Verdampfungsdruck erfordern, was auch eine niedrige Dampfdichte zur Folge hat, muss der Verdichter eine höhere Leistung (Drehzahl) erbringen und sorgt damit für einen Anstieg der Heißgastemperatur. Die Flash-Einspritzung überwindet diese physikalische Barriere, indem ein Teil des Kältemittels über einen Bypass in den Verdichter eingespritzt wird. Die Kühlung des Kompressionsvorgangs sorgt für eine Ausweitung des Arbeitsbereiches sowie für eine konstante Heizleistung insbesondere bei niedrigen Außentemperaturen. Zusätzlich erfolgt eine weitere Unterkühlung des flüssigen Kältemittels.

Daraus ergeben sich diverse Vorteile: Die Außengeräte von Luft/Wasser- oder Luft/Luft-Wärmepumpen können auch bei niedrigen Außentemperaturen wesentlich kleiner dimensioniert werden als herkömmliche Modelle. Außerdem kann auf zusätzliche Wärmeerzeuger verzichtet werden, um die benötigte Gesamtleistung zu erzielen. Das Ergebnis sind geringere Investitionssummen und zusätzliche Energiekostenreduzierungen. ■

### LINKS

→ [www.mitsubishi-electric-aircon.de](http://www.mitsubishi-electric-aircon.de)

### VERGLEICH VON COP-WERTEN

Bei einem direkten Vergleich von Wärmepumpen mit Zubadan-Technologie und herkömmlichen Wärmepumpen fällt auf, dass die Flash-Einspritz-Wärmepumpen speziell bei tiefen Außentemperaturen trotz höherer Heizleistung einen geringfügig niedrigeren COP aufweisen, was zunächst nicht zu erwarten ist.

Bei kalten Außentemperaturen sinkt bei herkömmlichen Wärmepumpen die Heizleistung, die Wärmetauscherfläche aber bleibt konstant, weshalb die Bedingungen für die Wärmeaufnahme von der Außenluft günstiger werden. Deshalb haben diese Geräte tendenziell einen höheren COP bei tieferen Außentemperaturen. Da Wärmepumpen mit Flashgas-Einspritzung jedoch auch bei tiefen Außentemperaturen volle Leistung erbringen, sind die Bedingungen für die Wärmeübertragung stets gleich. Deshalb liegt der COP bei tiefen Temperaturen etwas niedriger als bei den herkömmlichen Geräten. Würde allerdings der zusätzlich erforderliche Elektroheizstab eingerechnet werden, wäre die Flashgas-Einspritzung klar im Vorteil. Die Betrachtung der COP-Werte allein erschwert eine ganzheitliche energetische Bewertung. Ein aussagekräftigeres Unterscheidungsmerkmal ist die Jahresarbeitszahl (JAZ). Diese gibt das Verhältnis der über das ganze Jahr abgegebenen Heizenergie zur aufgenommenen elektrischen Energie an. Doch Vorsicht! Wärmepumpenhersteller geben in der Regel eine unter optimalen Bedingungen ermittelte Jahresarbeitszahl an. Deshalb sollte auch hier unterschieden werden zwischen der theoretischen JAZ, die mithilfe verschiedener COP-Werte ermittelt wird, und der im praktischen Betrieb errechneten JAZ. Worauf es ankommt, ist ein effizienter Betrieb über das ganze Jahr hinweg.